

兵庫県南部地震における金属ピン支承の破壊に対する実験的考察

(株)住友重機械工業 正員 山平喜一郎 九州大学大学院 フェロー 大塚久哲
 (株)オイレス工業 正員 川原壮一郎 九州大学大学院 学生員 栗木茂幸
 (株)オイレス工業 正員 伊関治郎 九州大学工学部 学生員 壺岐和久

1. はじめに

兵庫県南部地震によって大きな被害を受けた都市高架橋では、支承部付近で損傷を受けた例が数多く確認されている。支承部に致命的な損傷が生じた場合、上部工と下部工の衝突によって大きな2次損傷を生むことがこれまでの研究でわかっている¹⁾。しかし、橋梁の重要な要素であるにもかかわらず金属支承の耐震性に関する研究はこれまで十分に行われておらず、大規模地震時に支承が破壊に至るプロセスは未だ明らかになっていない。そこで本研究では、兵庫県南部地震で実際に被害を受けた鋼製ピン支承を例にとり、橋梁全体系の地震応答解析²⁾で得られた支承に作用する外力を参考に実験により破壊過程を実証検討した。

2. 実験方法

載荷ケースは、兵庫県南部地震で支承部に被害が生じた都市高架橋の地震応答解析(3方向同時加震)で得られた、支承部に作用する最大断面力²⁾をもとに決定した。載荷ケースと供試体の設置方法および供試体の図面を表-1および図-1,2に示す。載荷は水平3MNアクチュエータ、鉛直1MN油圧ジャッキを用いた二軸試験機で行い、ベースプレート位置に水平変位計、ソールプレート位置に鉛直変位計を設置し、支承全体の変位を計測した。実験では、破壊に至るプロセスを確認することが主たる目的であるため、本支承の設計は兵庫県南部地震以前の震度法に拠った。

3. 実験結果および考察

ピン支承実験の荷重-変位関係(図-3,4,6)と、水平荷重作用方向の後列側ボルト(以下、後列側ボルト)の破壊状況(図-8)を次頁に示す。支承の耐力の算定にあたり、セットボルト(JIS B 1051 強度区分4.6)には引張試験で得られた結果を用いた。引張強度の平均値は538.6MPaで公称値の1.201倍であった。他の部材に関しては、JISに規定されている支承用鋼材の保証降伏点応力度を用いた。

3-1 鉛直方向載荷試験

図-3に荷重-変位関係を示す。破壊はセットボルト4本が同時に引張破断することで生じた。破断の理論計算値を約40kN上回る結果となったが、これは、水平力により前列側のボルト周辺のソールプレートには圧縮力が作用しており、それがキャンセルされて前列側セットボルトが破断ひずみに到達するまで、セットボルトの破壊が遅れたためと考えられる。

3-2 橋軸方向載荷実験

図-4に荷重-変位関係を示す。破壊は410kNで、上沓の回転に伴い後列側セットボルトが引張破断することで生じた。その後、一旦荷重が低下した後に上沓せん断キーが効き始めて荷重が増加するが、図-4,5に示すようにせん断キーが破壊した後、再び荷重が下降して、310kNで前列側セットボルトがせん断破断した。後列側セットボルト破断荷重では実験値が計算値を約50kN上回る結果となったが、原因としては、上沓とピンの摩擦によ

表-1 支承実験載荷ケース

ケース番号	鉛直方向載荷条件	水平方向載荷条件	非線形動的解析結果	
case-1 鉛直方向 載荷実験	単調増加 (破壊まで)	橋軸直角方向 一定水平力 (137.2kN)	最大引張力 263.6kN	橋軸直角方向 水平力 137.2kN
case-2 橋軸方向 載荷実験	一定 (圧縮261.7kN)	橋軸方向 単調増加 (破壊まで)	橋軸方向 最大水平力 1053.5kN	圧縮力 261.7kN
case-3 橋軸直角方向 載荷実験	一定 (引張31.4kN)	橋軸直角方向 単調増加 (破壊まで)	橋軸直角方向 最大水平力 735.0kN	引張力 31.4kN

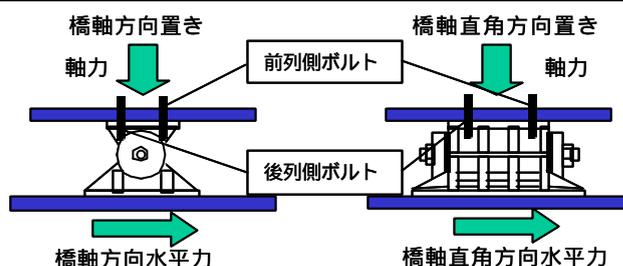


図-1 供試体設置方法

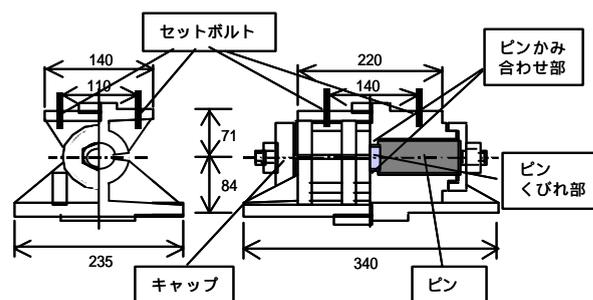


図-2 ピン支承供試体(単位 mm)

る抵抗モーメントの増大が考えられる。

3-3. 橋軸直角方向載荷実験

図-6に荷重-変位関係を示す。ピン部の降伏、せん断キーの破壊に伴ってボルトのせん断破壊に至る予想であったが、図-7に示すように、上沓の片端がキャップから逸脱し、橋軸方向載荷時のような上沓の回転ともない後列側セットボルトが引張破断し、その直後に前列側セットボルトも破断した。この原因としては、上揚力と水平力が同時に働いたために、キャップによる上下方向の拘束に不具合が生じたことが考えられる。また、その他の部材の損傷として、ピンとキャップには曲げ変形が生じ、上沓の逸脱した端部とキャップの接触点でキャップの削れが生じていた。

4. まとめ

- (1)実験の結果(図 8、特に case2 及び case3)より、水平力によってボルトには引張力に加え、せん断力と曲げモーメントが作用していることがわかったが、それが破断荷重にあたる影響は少ないものと思われる。
- (2)3ケース全てにおいて破壊荷重は設計力を上回っており、旧設計(震度法)における設計荷重を十分に満たす耐力を有することがわかった。
- (3)地震応答解析で得られた支承に作用する最大引張力又は水平力以前に、3ケースとも後列側セットボルトが引張破断したことから、兵庫県南部地震における支承の破壊が実験的に確認できた。
- (4)橋軸直角方向載荷実験結果よりセットボルトに補強を行なった際には、せん断キー、ピンおよびキャップが次の弱点部と考えられるため、今後、ピンおよびキャップ耐力の的確な把握とその補強が、金属ピン支承の耐震設計上の重要点である。

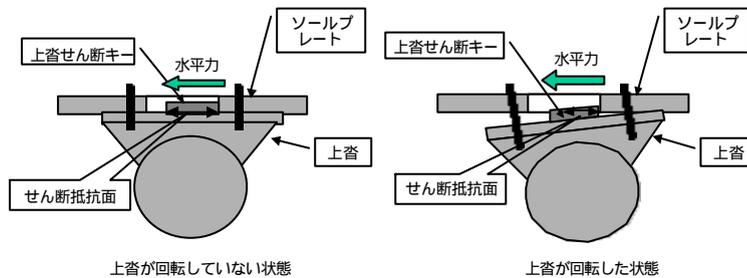


図-5 case2のせん断キー破壊

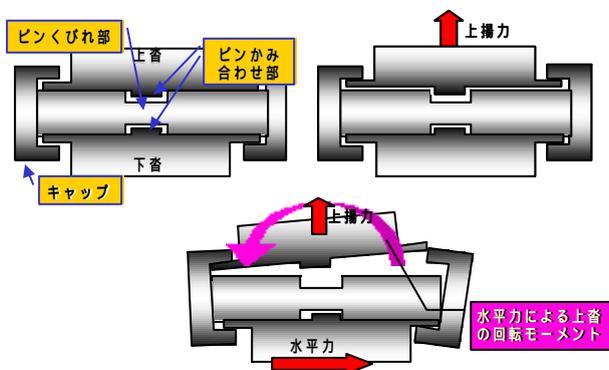


図-7 case3の上沓回転挙動

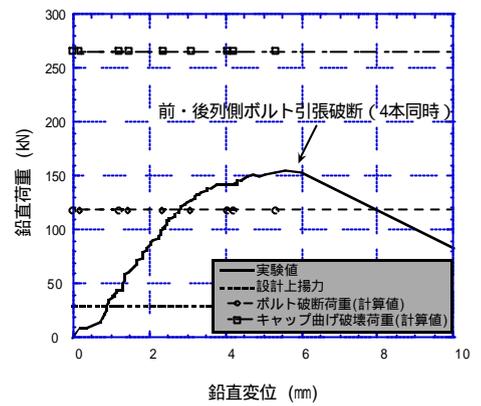


図-3 鉛直方向実験荷重変位関係

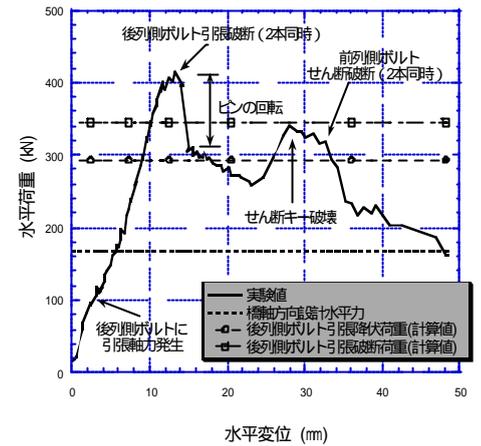


図-4 橋軸方向実験荷重変位関係

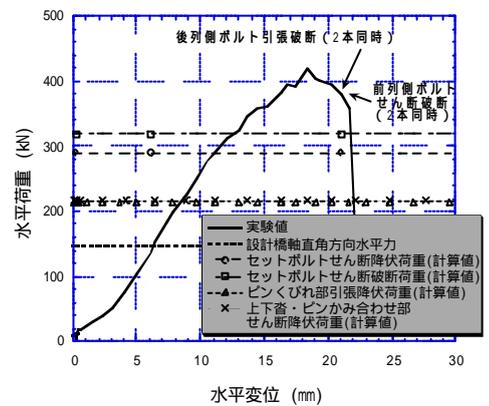


図-6 橋軸直角方向実験荷重変位関係



図-8 後列側ボルト破壊状況 (1目盛り5mm)